

507,097

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



12/507097

SEP 09 2004



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
18. September 2003 (18.09.2003)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 03/077086 A2

- (51) Internationale Patentklassifikation⁷: **G06F 1/14** 64283 Darmstadt (DE). **MENDE, Joachim** [DE/DE];
Draustrasse 38, 64347 Griesheim (DE). **DÖRKEN, Hein-**
rich [DE/DE]; Kölner Strasse 8, 64293 Darmstadt (DE).
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE03/00540
- (22) Internationales Anmeldedatum: 21. Februar 2003 (21.02.2003) (74) **Gemeinsamer Vertreter: DEUTSCHE TELEKOM AG;**
Rechtsabteilung (Patente) PA10, 64307 Darmstadt (DE).
- (25) Einreichungssprache: Deutsch (81) **Bestimmungsstaaten (national):** CA, CN, HU, JP, PL,
US.
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch (84) **Bestimmungsstaaten (regional):** europäisches Patent (AT,
BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR,
HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SI, SK, TR).
- (30) Angaben zur Priorität:
102 10 711.4 12. März 2002 (12.03.2002) DE
- (71) **Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von**
US): DEUTSCHE TELEKOM AG [DE/DE]; Friedrich-
Ebert-Allee 140, 53113 Bonn (DE). **Veröffentlicht:**
— *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu*
veröffentlichen nach Erhalt des Berichts
- (72) **Erfinder; und** *Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen*
Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on
Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe
der PCT-Gazette verwiesen.
- (75) **Erfinder/Anmelder (nur für US): WIDERA, Ralf**
[DE/DE]; Kantstrasse 18, 64347 Griesheim (DE). **HEI-**
DEMANN, Cornelius [DE/DE]; Heinrichstrasse 53,

(54) **Title:** METHOD FOR TEMPORAL SYNCHRONISATION OF AT LEAST TWO MEASURING COMPUTERS COOPERATING OVER A TELECOMMUNICATION NETWORK SUCH AS INTERNET, INTRANET OR SIMILAR

(54) **Bezeichnung:** VERFAHREN ZUR ZEITSYNCHRONISATION VON ZUMINDEST ZWEI MITEINANDER ÜBER EIN TELEKOMMUNIKATIONSNETZ, WIE INTERNET, INTRANET ODER DERGLEICHEN, ZUSAMMENWIRKENDEN MESSRECHNERN

(57) **Abstract:** The invention relates to a method for temporal synchronisation of at least two measuring computers (28, 36, 46), cooperating over a telecommunication network (10) such as internet, intranet or similar in which a highly accurate timestamp is required for each measurement process. The invention is characterised in that each measuring computer (28, 36, 46) is provided with several time sources with varying accuracy for reading off the timestamp from a time source and the selection of the time source by the measuring computer (28, 36, 46) is carried out depending on the accuracy of the time source.

(57) **Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Zeitsynchronisation von zumindest zwei miteinander über ein Telekommunikationsnetz (10), wie Internet, Intranet oder dergleichen, zusammenwirkenden Messrechnern (28, 36, 46), bei denen für ein Messverfahren jeweils ein hochgenauer Zeitstempel benötigt wird. Die Erfindung zeichnet sich dadurch aus, dass jedem Messrechner (28, 36, 46) für das Auslesen des Zeitstempels aus einer Zeitquelle mehrere Zeitquellen unterschiedlicher Genauigkeit zur Verfügung stehen und die Auswahl der Zeitquelle durch den Messrechner (28, 36, 46) in Abhängigkeit von der Genauigkeit der Zeitquelle durchgeführt wird.

WO 03/077086 A2

B E S C H R E I B U N G

Verfahren zur Zeitsynchronisation von zumindest zwei miteinander über ein Telekommunikationsnetz, wie Internet, Intranet oder dergleichen, zusammenwirkenden Messrechnern

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Zeitsynchronisation in zumindest zwei
miteinander über ein Telekommunikationsnetz, wie Internet, Intranet oder
dergleichen, zusammenwirkenden Messrechnern gemäß der im Oberbegriff des
Anspruches 1 angegebenen Art sowie eine Vorrichtung zur Durchführung des
Verfahrens gemäß dem Anspruch 24.

Aus der nicht vorveröffentlichten deutschen Patentanmeldung DE 100 46 240.5 ist
ein Messsystem zur Messung der Internet-Protokoll (IP) Performance Parameter, wie
Einwegverzögerung, Laufzeitschwankungen und Paketverlusten, in IP-Netzen
bekannt. Die nicht vorveröffentlichte deutsche Patentanmeldung DE 101 28 927.8
hat ein Verfahren zum Gegenstand, das in dem zugrunde liegenden Messsystem die
Erzeugung von Zeitstempeln auch bei kurzzeitig blockiertem Zugriff auf eine
Referenzuhr ermöglicht.

Bei dem diesen Patentanmeldungen zugrunde liegenden Messsystem handelt es sich
um ein verteiltes Messsystem, d. h. die einzelnen Systemkomponenten sind örtlich
verteilt und über ein Telekommunikationsnetz miteinander verbunden. Das
Messsystem umfasst dabei mindestens zwei Messrechner, eine Datenbank, in die die
Messergebnisse und die Konfiguration des Messsystems abgelegt werden, einen
Steuerrechner, der die Messrechner für die Ermittlung des Messergebnisses steuert,
sowie diverse grafische Benutzerschnittstellen, insbesondere für die Konfiguration
des Messsystems und für die Visualisierung der gewonnenen Messergebnisse.

Für die Durchführung des Messverfahrens wird zwischen mindestens zwei
Messrechnern eine unidirektionale Messstrecke eingerichtet. Auf dieser Messstrecke
werden Messpakete mit einer konfigurierbaren zeitlichen Verteilung von einem
ersten Messrechner zu einem zweiten Messrechner gesendet.

- Dabei wird der Abgang des Messpaketes von dem ersten Messrechner erfasst, d. h. ein erster Zeitstempel wird erzeugt. Dieser erste Zeitstempel wird zusammen mit dem Messpaket und sonstigen Daten, wie beispielsweise Sequenznummern, an den zweiten Messrechner übertragen. Der zweite Messrechner erfasst den Eingang des Messpaketes und generiert einen zweiten Zeitstempel. Um die Einwegverzögerung, die sich aus der Differenz der beiden Zeitstempel ergibt, hinreichend genau bestimmen zu können, müssen die von den Messrechnern erzeugten Zeitstempel hinreichend genau zeitlich synchronisiert sein.
- 10 Eine technische Realisierung ist z. B. die Generierung der Zeitstempel durch ein als Zeitquelle fungierendes Satelliten System, beispielsweise GPS (Global Positioning System). Dabei empfangen die Messrechner fortlaufend über eine GPS-Antenne die von mehreren Satelliten gesendete Weltzeit (UTC Universal Coordinated Time). Mit Hilfe einer in die Messrechner integrierten GPS-Karte können dadurch Zeitstempel mit einem Fehler von
- 15 $\pm 0,5 \mu\text{s}$ erzeugt werden.
- Das als Zeitgeber dienende Satellitensystem GPS mit den weiteren Komponenten GPS-Antenne und GPS-Karte wird im folgenden hier vereinfacht als GPS-Uhr bezeichnet.
- 20 Die Messergebnisse werden als Messdaten durch den Steuerrechner von dem zweiten Messrechner abgerufen, in einer Datenbank abgelegt und dort zur Visualisierung bereitgestellt. Die Anzeige der Messergebnisse und des Systemstatus kann wahlweise mittels Offline-Anzeige oder auch Online-Anzeige erfolgen. Offline-Anzeige bedeutet dabei, dass die Anzeige der Messergebnisse mittels eines WWW-Browsers manuell initiiert werden muss, während bei der Online-Anzeige die Anzeige automatisch in einem bestimmten Zeitintervall aktualisiert und angezeigt wird.
- 25
- 30 Hierfür werden die oben erwähnten grafischen Benutzerschnittstellen und –oberflächen verwendet.

Die Konfiguration des Messsystems erfolgt ebenfalls mit Hilfe der bereits angesprochenen grafischen Benutzerschnittstelle. Hierfür macht der Nutzer Eingaben

über die Art und den Verlauf der Messung. Die getroffenen Eingaben werden in einer Datenbank abgelegt; der Steuerrechner liest diese Daten aus der Datenbank, konfiguriert die Messrechner entsprechend und startet bzw. stoppt die Messverbindungen gemäß dieser Daten.

5

Wie bereits erwähnt, ist für die Güte des erzielten Messergebnisses von herausragender Bedeutung, dass der erste und der zweite Zeitstempel hinreichend genau zeitlich synchronisiert sind. Sollten der erste und der zweite Zeitstempel nicht hinreichend genau synchronisiert sein, ist folglich auch die gemessene

10 Einwegverzögerung als Differenz der beiden Zeitstempel nicht exakt bestimmbar.

Als besonders nachteilig erweist sich in diesem Zusammenhang der Umstand, dass bei Ausfall der GPS-Uhr beispielsweise hervorgerufen durch Probleme mit der GPS-Antenne, Kontaktschwierigkeiten in der Antennenzuleitung oder dergleichen, aufgrund des fehlenden Zeitstempels keine Messung durchgeführt werden kann.

15

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Zeitsynchronisation von zumindest zwei miteinander über ein Telekommunikationsnetz, wie Internet, Intranet oder dergleichen, zusammenwirkenden Messrechner derart weiterzubilden, dass unter Vermeidung der genannten Nachteile auch bei Ausfall der GPS-Uhr die Durchführung einer Messung ermöglicht wird.

20

Diese Aufgabe wird für das Verfahren durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruches 1 in Verbindung mit seinen Oberbegriffsmerkmalen und für die Vorrichtung durch den Anspruch 24 gelöst.

25

Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, dass durch Vorsehen von mehreren unabhängigen Zeitquellen an den einzelnen Messrechnern die Wahrscheinlichkeit minimiert wird, dass keine Zeitquelle gelesen werden kann, und somit das Auslesen eines Zeitstempels sichergestellt wird.

30

Nach der Erfindung werden daher jedem Messrechner für das Auslesen des Zeitstempels aus einer Zeitquelle mehrere Zeitquellen unterschiedlicher Genauigkeit zur Verfügung gestellt. Die Auswahl welche Zeitquelle für die Erzeugung des

geforderten Zeitstempels herangezogen wird erfolgt durch den Messrechner und hierbei in Abhängigkeit von der Genauigkeit der zur Verfügung stehenden Zeitquellen. Diese Zeitquellenredundanz hat den Vorteil, dass auf eine einfache Art und Weise die Erzeugung bzw. das Auslesen eines Zeitstempel aus einer Zeitquelle sichergestellt ist. Das Risiko eines Messausfalls aufgrund eines fehlenden Zeitstempels wird dadurch minimiert, da für den Fall des Ausfalls einer ersten Zeitquelle das Auslesen des Zeitstempels von einer zweiten Zeitquelle sichergestellt ist.

- 10 Um bestmögliche Messergebnisse zu erhalten wählt der Messrechner zum Auslesen des Zeitstempels aus einer Zeitquelle zunächst die Zeitquelle höchster Genauigkeit aus.

- 15 Kann der Messrechner eine Zeitquelle höherer Genauigkeit nicht auslesen, so wählt er automatisch eine Zeitquelle der nächstbesten Genauigkeit aus. Durch dieses abgestufte Verfahren hinsichtlich der Auswahl der Zeitquelle wird erreicht, dass jeweils das unter den gegebenen Umständen, also der Ausfall einer genaueren Zeitquelle, ein bestmögliches Messergebnis erzielt wird.

- 20 Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung werden als Zeitquelle höchster Genauigkeit Signale eines Satellitensystems, beispielsweise GPS (Global Positioning System) verwendet.

- 25 Der Empfang der Signale des Satellitensystems erfolgt durch lokale in die Messrechner integrierte GPS-Empfänger. Der GPS-Empfänger, der als Komponenten u. a. eine GPS-Karte und eine GPS-Antenne enthält, wird im weiteren Verlauf auch vereinfacht als GPS-Uhr bezeichnet. Durch die Verwendung einer GPS-Uhr als Zeitquelle höchster Genauigkeit wird für das Auslesen der Zeitstempel auf einfache Art und Weise eine Toleranz von $\pm 0,5 \mu\text{s}$ sichergestellt.

- 30 Vorzugsweise weisen die Messrechner jeweils lokale Uhren auf, die mittels NTP (Network Time Protocol) laufend auf die lokalen GPS-Empfänger – interne Synchronisation – synchronisiert werden. Die interne Synchronisation mittels NTP

stellt eine einfache Möglichkeit dar, eine zweite, hochgenaue Zeitquelle zu generieren.

5 Diese intern synchronisierten Uhren der Messrechner werden als Zeitquellen zweithöchster Genauigkeit verwendet.

10 Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung wird bei Nichtvorliegen eines Signals des Satellitensystem an den lokalen GPS-Empfänger eines ersten Messrechners nach einem vorbestimmten Zeitintervall die lokale Uhr des ersten Messrechners mittels NTP (Network Time Protocol) auf die lokale Uhr mindestens eines vorher bestimmten zweiten Messrechners – externe Synchronisation – synchronisiert. Dies hat den Vorteil, das bei einem längeren Ausfall der GPS-Uhr an einem Messrechner, der entsprechend mit einem Ausfall der intern synchronisierten Zeitquelle zweithöchster Genauigkeit verbunden ist, eine dritte Zeitquelle erzeugt wird.

15 Gemäß der Erfindung ist dabei das Zeitintervall, ab dem eine externe Synchronisation der lokalen Uhr des ersten Messrechners auf die lokale Uhr eines zweiten Messrechners erfolgt, frei einstellbar.

20 Die extern synchronisierten lokalen Uhren der Messrechner werden als Zeitquellen dritthöchster Genauigkeit verwendet. Nichtsynchronisierte lokale Uhren der Messrechner werden entsprechend als Zeitquellen vierthöchster Ordnung bezeichnet.

25 Um eine hohe Genauigkeit bei der externen Synchronisation einer lokalen Uhr eines Messrechners sicherzustellen, wird die externe Synchronisation der lokalen Uhr des Messrechners nur mit Zeitquellen zweithöchster Genauigkeit durchgeführt.

30 Eine Interpretation der Genauigkeit des erzeugten Zeitstempel wird vor allem dadurch ermöglicht, dass bei Vorliegen einer internen oder externen Synchronisation der lokalen Uhr eines Messrechners die Art der vorliegenden Synchronisation und die hierbei erzielte Genauigkeit der Synchronisation gespeichert wird.

Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung werden zur Laufzeitmessung zwischen den Messrechnern Messpakete, insbesondere UDP-Messpakete (User Datagram Protocol), übertragen. UDP ist ein verbindungsloses Internet-Transportprotokoll, das

auf das grundlegende Protokoll zur Datenübertragung im Internet (IP) aufsetzt. Vorzugsweise dient der eine Messrechner als Sender, während der andere Messrechner als Empfänger fungiert.

- 5 Von dem sendenden Messrechner wird der zeitliche Abgang – Sendezeitstempel – des abgehenden Messpaketes erfasst. Sonstige Daten zu dem Sendezeitstempel werden erzeugt und zusammen mit dem Messpaket und gegebenenfalls weiteren Daten beispielsweise Sequenznummer oder dergleichen, als erste Daten an den empfangenden Messrechner übermittelt.
- 10 Die Daten zu dem Sendezeitstempel betreffen dabei vorzugsweise eine Information über die verwendete Zeitquelle aus dem der Sendezeitstempel ausgelesen wurde, die Art der Synchronisation, die Genauigkeit der Synchronisation sowie eine Abschätzung der Genauigkeit des erzeugten Sendezeitstempels.
- 15 Entsprechend werden von dem empfangendem Messrechner als zweite Daten der zeitliche Eingang des Messpaketes – Empfangszeitstempel – erfasst und sonstige Daten zu dem Empfangszeitstempel erzeugt.

- Die Daten zu dem Empfangszeitstempel betreffen vorzugsweise wiederum
- 20 Informationen über die verwendete Zeitquelle, die beim Auslesen des Empfangszeitstempels benutzt wurde, die Art der Synchronisation, die Genauigkeit der Synchronisation, sowie eine Abschätzung der Genauigkeit des erzeugten Empfangszeitstempels.

- 25 Vorzugsweise werden die ersten Daten und die zweiten Daten einer vorbestimmten Wertung zugeordnet, die dazu führen kann, dass bei Unterschreiten einer vorher festgelegten Güte diese erste und zweite Daten nicht weiter berücksichtigt werden.

- Die Ermittlung des Messergebnisses erfolgt aus den noch vorliegenden ersten Daten
- 30 und den zweiten Daten.

Vorzugsweise wird ein Verfahren gemäß der DE 100 46 240.5, der DE 101 28 927.8 und/oder der im Hinblick auf diese Anmeldung am gleichen Tag von der Anmelderin eingereichten Anmeldungen mit dem Titel "Verfahren zur

Übertragung von Messdaten von einem Messrechner zu einem Steuerrechner eines Messsystems" und dem Titel "Verfahren zur Ausgabe von Zustandsdaten" verwendet.

- 5 Weitere Vorteile, Merkmale und Anwendungsmöglichkeiten der vorliegenden Erfindung zur Zeitsynchronisation in zumindest zwei miteinander über ein Telekommunikationsnetz, wie Internet, Intranet oder dergleichen, zusammenwirkenden Messrechnern ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung in Verbindung mit dem in der Zeichnung dargestellten
- 10 Ausführungsbeispiel.

- Die Erfindung wird im Folgenden anhand des in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels näher beschrieben. In der Beschreibung, in den Patentansprüchen, der Zusammenfassung und in der Zeichnung werden die in der
- 15 hinten angeführten Liste der Bezugszeichen verwendeten Begriffe und zugeordneten Bezugszeichen verwendet.

In der Zeichnung bedeutet:

- 20 Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Telekommunikationsnetzes mit mehreren Messrechnern, die über verschiedene Zeitquellen verfügen zur Durchführung des Verfahrens nach der Erfindung.

- In Fig. 1 ist schematisch ein Telekommunikationsnetz 10 dargestellt, das mehrere
- 25 Vermittlungseinrichtungen 12 bis 24 aufweist, die über Verbindungsleitungen 26 miteinander verbunden sind. Bei dem Telekommunikationsnetz 10 handelt es sich beispielsweise um das Internet.

- Der Vermittlungsstelle 12 ist ein erster Messrechner 28 zugeordnet. Für den
- 30 Empfang von Signalen, die von einem mehrere Satelliten 30 umfassenden Satellitensystem GPS) ausgesendet werden, weist der erste Messrechner 28 eine GPS-Antenne 32, sowie eine - hier nicht explizit dargestellte - GPS-Karte zur Verarbeitung der empfangenen Signale auf. Die GPS-Antenne 32 und die nicht explizit dargestellte GPS-Karte bilden zusammen den zum Empfang der GPS-

Signale notwendigen lokalen GPS-Empfänger des ersten Messrechners 28. Weiterhin ist in dem ersten Messrechner 28 eine lokale Uhr 34 integriert.

- Ein zweiter Messrechner 36, der mit der Vermittlungseinrichtung 16 verbunden ist,
- 5 weist ebenfalls eine GPS-Antenne 38 und eine lokale Uhr 40 auf. Den für den Empfang der GPS-Signale notwendigen lokalen GPS-Empfänger des zweiten Messrechners 36 bilden wiederum die GPS-Antenne 38 sowie eine hier nicht gezeigte, in den zweiten Messrechner 36 integrierte GPS-Karte.
- Entsprechende Peripheriegeräte, nämlich eine GPS-Antenne 42 und eine lokale Uhr
- 10 44, sind einem dritten Messrechner 46, der an die Vermittlungseinrichtung 20 angeschlossen ist, zugeordnet. Auch hier bilden eine nicht weiter gezeigte GPS-Karte und die GPS-Antenne 42 einen für den Empfang der ausgesandten GPS-Signale notwendigen lokalen GPS-Empfänger des dritten Messrechners 46.
- 15 Die Messrechner 28, 36 und 46 empfangen über die bereits vorgestellten lokalen GPS-Empfänger fortlaufend die Weltzeit UTC – Universal Coordinated Time). Der Einfachheit halber werden, wie bereits erwähnt, die GPS-Empfänger der Messrechner 28, 36, 46 als GPS-Uhr bezeichnet.
- 20 Die Verbindungsleitungen 26 vom ersten Messrechner 28 über die Vermittlungseinrichtungen 12, 14 und 16 zu dem zweiten Messrechner 36 bildet eine Messstrecke 48, die in der Zeichnung zur Verdeutlichung zweipunkt-strichliert dargestellt ist.
- 25 Ein Steuerrechner 50, der mit einer Datenbank 52 zusammenwirkt, ist der Vermittlungseinrichtung 24 zugeordnet. Über den Steuerrechner 50 erfolgt die Steuerung der Messrechner 28, 36.

- Zur Durchführung der Messung ist in jedem der Messrechner 28 und 36 ein
- 30 Messprogramm zur Messung der Einwegverzögerung installiert.

Ziel der Messanordnung ist es, die Paketlaufzeit eines Messpaketes von dem ersten Messrechner 28 über die Messstrecke 48 zu dem zweiten Messrechner 36 zu ermitteln. Es handelt sich somit um eine unidirektionale Messverbindung, bei der

einzelne Messpakete von dem ersten Messrechner 28 zu dem Messrechner 36 gesendet werden.

Die Messung der Einwegverzögerung erfolgt nach dem folgenden, vereinfachten

5 Schema:

Ein Messpaket wird von dem ersten Messrechner 28 über die Messstrecke 48, also über die Verbindungsleitung 26, die Vermittlungsstelle 12, die Vermittlungsstelle 14 und der Vermittlungsstelle 16 zum zweiten Messrechner 36 gesendet.

10 Die Messpakete werden dabei mit Hilfe des User Datagram Protocol UDP) verschickt. UDP ist ein verbindungsloses Internet-Transportprotokoll, das auf IP aufsetzt. Die Messpakete enthalten u.a. Zeitstempel und Sequenznummern.

15 Kurz bevor von dem ersten Messrechner 28 das erste Bit des Messpakets gesendet wird, erfolgt die Auslesung/Setzung des sogenannten Sendezeitstempels. Dieser Wert des Sendezeitstempels, also die Uhrzeit des Ausgangs des Messpaketes, wird zusammen mit dem Messpaket zu dem zweiten Messrechner 36 übertragen.

20 Der Eingang des Messpaketes bei dem zweiten Messrechner 36 wird erfasst. Dabei wird, kurz nachdem das letzte Bit des Testpaketes bei dem zweiten Messrechner 36 empfangen wurde ein sogenannter Empfangszeitstempel erzeugt.

25 Das gesuchte Messergebnis, Einwegverzögerung, entspricht grob vereinfacht der Differenz der beiden Zeitstempel und wird von dem Steuerrechner 50 in die Datenbank 52 zur späteren Visualisierung abgelegt.

Um die Ausfallwahrscheinlichkeit der Messung, hervorgerufen durch einen fehlenden Zeitstempel zu minimieren, sind, wie im weiteren Verlauf noch erläutert wird, mehrere unterschiedliche Zeitquellen mit abgestufter Genauigkeit, auf die die Messrechner 28, 36 und 46 für die Erstellung der Zeitstempel zugreifen können, 30 konfiguriert. Es wird jedoch zunächst immer versucht den Zeitstempel aus der Zeitquelle höchster Genauigkeit auszulesen.

Als Zeitquellen höchster Genauigkeit dienen die bereits beschriebenen GPS Uhren der Messrechner 28, 36 und 46. Mit Hilfe der GPS-Uhren können von den Messrechnern 28, 36 und 46 Zeitstempel mit einem Fehler $\pm 0,5 \mu\text{s}$ erzeugt werden. Als Zeitquellen zweithöchster Genauigkeit stehen den Messrechnern 28, 36 und 46 ihre lokalen Uhren 34, 40 und 44 zur Verfügung, die dafür mittels NTP (Network Time Protocol) laufend auf die GPS-Uhr bzw. den lokalen GPS-Empfänger synchronisiert werden. Die Synchronisation der lokalen Uhren 34, 40 und 44 mittels NTP auf die lokalen GPS-Empfänger der Messrechner 28, 36 und 46 wird hier auch vereinfacht als interne Synchronisation bezeichnet. In der Zeichnung ist die interne Synchronisation der lokalen Uhr 34 des ersten Messrechners 28 mit einem Pfeil 54 symbolisiert. Bei dem zweiten Messrechner 36 ist die interne Synchronisation der lokalen Uhr 40 auf den lokalen GPS-Empfänger des zweiten Messrechners 36 mit dem Pfeil 56 und bei dem dritten Messrechner 46 die interne Synchronisation der lokalen Uhr 44 auf den lokalen GPS-Empfänger des dritten Messrechners 46 mit dem Pfeil 58 gekennzeichnet.

Als Zeitquelle dritthöchster Ordnung dienen die lokalen Uhren 34, 40 und 44 der Messrechner 28, 36, 46, die dafür mittels NTP auf die intern synchronisierte Uhr eines anderen Messrechners 28, 36, 46 synchronisiert werden. Diese weitere Synchronisation wird im Folgenden auch externe Synchronisation bezeichnet und nachfolgend weiter erläutert.

So ist bei dem zweiten Messrechner 36 der Empfang der GPS-Signale beispielsweise aufgrund einer defekten GPS-Antenne 38 nicht möglich. Als Folge davon kann nach einiger Zeit eine interne Synchronisation der lokalen Uhr 40 nicht mehr durchgeführt werden. In der Zeichnung ist die Störung der internen Synchronisation durch das Bezugszeichen 60 angedeutet. Mittels NTP erfolgt nun eine externe Synchronisation der lokalen Uhr 40 auf die intern synchronisierte lokale Uhr 44 des dritten Messrechners 46, was in der Zeichnung durch die strichlierte Linie 62 dargestellt ist.

Die nicht-synchronisierten lokalen Uhren 34, 40 und 44 der Messrechner 28, 36 und 46 werden als Zeitquellen vierthöchster Ordnung bezeichnet.

Im vorliegenden Beispiel wird von dem ersten Messrechner 28 der Sendezeitstempel aus der GPS-Uhr, also der Uhr höchster Genauigkeit ausgelesen. Dieser

Sendezeitstempel wird in das Messpaket geschrieben. Anschließend wird der Status "Zeitstempel GPS-genau" in einem Statusfeld abgespeichert.

- 5 Für den ersten Messrechner 28, also dem sendendem Messrechner und dem zweiten Messrechner 36, also dem empfangendem Messrechner, steht jeweils ein eigener Bereich im Statusfeld für ihre Statuseinträge zur Verfügung.

- 10 Fällt nun, wie im vorliegenden Beispiel bei dem zweiten Messrechner 36 die GPS-Uhr aus, kann aus der Zeitquelle höchster Genauigkeit kein Empfangszeitstempel gelesen werden. Daher liest das Messprogramm die lokale Uhr 40 des zweiten Messrechners 36 aus. Das Messprogramm ermittelt dabei, ob die lokale Uhr 40 synchronisiert ist, auf welche Quelle sich NTP synchronisiert und wie die Genauigkeit der Synchronisation ist. Da NTP für einige Minuten den Status einer internen Synchronisation beibehält, ist der gelesene Zeitstempel fast so genau wie
15 der Zeitstempel einer GPS-Uhr. In das Statusfeld wird der Wert "NTP synchronisiert, genau" geschrieben, wenn die gelesene Genauigkeit kleiner 1 Millisekunde ist. Ist die gelesene Genauigkeit kleiner 2 Millisekunden, so wird "NTP synchronisiert, ungenau" in das Statusfeld geschrieben.

- 20 Konnte die GPS-Uhr für einen längeren Zeitraum, z. B. länger als ca. 5 Minuten, nicht gelesen werden, so schaltet NTP automatisch auf externe Synchronisation um. In diesem Modus ist die Genauigkeit der gelesenen Zeitstempel deutlich schlechter als bei der internen Synchronisation. Es wird deshalb nur überprüft, ob die Genauigkeit von NTP kleiner 2 Millisekunden ist. In das Statusfeld wird dann "NTP
25 synchronisiert, ungenau" geschrieben.

- Ist die GPS-Uhr nicht lesbar und ist die Genauigkeit von NTP schlechter als 2 Millisekunden, so wird der Zeitstempel der lokalen Uhr 40 des zweiten Messrechners 36 zwar in das Messpaket geschrieben, aber in das Statusfeld wird ein spezieller
30 Wert eingetragen, so dass dieses Messpaket in der späteren Auswertung für die Laufzeitberechnung nicht berücksichtigt wird.

Entsprechend ergeben sich in Abhängigkeit der benutzten Zeitquelle und der erzielten Genauigkeit folgende Statusfeldeinträge:

Synchronisation	Statusfeldeintrag / Genauigkeit des Zeitstempels
GPS	GPS genau
NTP intern Synchr., Genauigkeit <1ms	NTP genau
NTP intern Synchr., Genauigkeit <2ms	NTP ungenau
NTP intern Synchr., Genauigkeit >2ms	nicht synchronisiert
NTP extern Synchr., Genauigkeit <2ms	NTP ungenau
NTP extern Synchr., Genauigkeit >2ms	nicht synchronisiert
keine Synchronisation	nicht synchronisiert

- Die Erfindung zeichnet sich dadurch aus, dass auch bei Ausfall der GPS-Uhr ein Auslesen eines Zeitstempels aus einer anderen Zeitquelle ermöglicht wird und somit
- 5 die Ausfallwahrscheinlichkeit einer Messung aufgrund eines fehlenden Zeitstempels minimiert wird.

BEZUGSZEICHENLISTE

10	Telekommunikationsnetz
12	Vermittlungseinrichtung
5 14	Vermittlungseinrichtung
16	Vermittlungseinrichtung
18	Vermittlungseinrichtung
20	Vermittlungseinrichtung
22	Vermittlungseinrichtung
10 24	Vermittlungseinrichtung
26	Verbindungsleitungen
28	erster Messrechner
30	Satelliten
32	GPS-Antenne erster Messrechner
15 34	lokale Uhr des ersten Messrechners
36	zweiter Messrechner
38	GPS-Antenne des zweiten Messrechners
40	lokale Uhr des zweiten Messrechners
42	GPS-Antenne dritter Messrechner
20 44	lokale Uhr des dritten Messrechners
46	dritter Messrechner
48	Messstrecke zwischen ersten und zweiten Messrechner
50	Steuerrechner
52	Datenbank
25 54	interne Synchronisation der lokalen Uhr des ersten Messrechners
56	interne Synchronisation der lokalen Uhr des zweiten Messrechners
58	interne Synchronisation der lokalen Uhr des dritten Messrechners
60	Störung interne Synchronisation der lokalen Uhr des zweiten Messrechners
62	externe Synchronisation der lokalen Uhr des zweiten Messrechners

PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zur Zeitsynchronisation von zumindest zwei miteinander über ein Telekommunikationsnetz (10), wie Internet, Intranet oder dergleichen, zusammenwirkenden Messrechnern (28, 36, 46), bei denen für ein Messverfahren jeweils ein hochgenauer Zeitstempel benötigt wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass jedem Messrechner (28, 36, 46) für das Auslesen des Zeitstempels aus einer Zeitquelle mehrere Zeitquellen unterschiedlicher Genauigkeit zur Verfügung stehen und die Auswahl der Zeitquelle durch den Messrechner (28, 36, 46) in Abhängigkeit von der Genauigkeit der Zeitquelle durchgeführt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass von dem Messrechner (28, 36, 46) die Zeitquelle höchster Genauigkeit ausgewählt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass bei Ausfall einer Zeitquelle höherer Genauigkeit von dem Messrechner (28, 36, 46) automatisch eine Zeitquelle der nächst besten Genauigkeit ausgewählt wird.
4. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass als Zeitquelle höchster Genauigkeit Signale eines Satellitensystems (30), beispielsweise GPS (Global positioning system), verwendet werden.
5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Empfang der Signale des Satellitensystems jeweils durch lokale in die Messrechner (28, 36, 46) integrierte GPS-Empfänger durchgeführt wird.
6. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Messrechner (28, 36, 46) jeweils lokale Uhren (34, 40, 44) aufweisen, die mittels NTP (Network Time Protocol) laufend

auf die lokalen GPS-Empfänger – interne Synchronisation - synchronisiert werden.

- 5 7. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die intern synchronisierten lokalen Uhren (34, 40, 44) der Messrechner (28, 36, 46) als Zeitquellen zweithöchster Genauigkeit verwendet werden.
- 10 8. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass bei Nichtvorliegen eines Signals des Satellitensystems (30) an dem lokalen GPS-Empfänger (38) eines ersten Messrechners (36) nach einem vorbestimmten Zeitintervall die lokale Uhr (40) des ersten Messrechners (36) mittels NTP (Network Time Protocol) auf die lokale Uhr (44) mindestens eines vorher bestimmten zweiten
15 Messrechners (46) – externe Synchronisation - synchronisiert wird.
9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Zeitintervall einstellbar ist.
- 20 10. Verfahren nach den Ansprüchen 8 und 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass die externe Synchronisation nur mit Zeitquellen zweithöchster Genauigkeit durchgeführt wird.
- 25 11. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die extern synchronisierten lokalen Uhren (34, 40, 44) der Messrechner (28, 36, 46) als Zeitquellen dritthöchster Genauigkeit verwendet werden.
- 30 12. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass bei Vorliegen einer internen Synchronisation oder externen Synchronisation der lokalen Uhr (34, 40, 44) eines Messrechners (28, 36, 46) die Art der Synchronisation und die erzielte Genauigkeit der Synchronisation gespeichert wird.

13. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass nicht synchronisierte lokale Uhren (34, 40, 44) der Messrechner (28, 36, 46) als Zeitquellen vierthöchster Genauigkeit verwendet werden.

5

14. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass zwischen den Messrechnern (28, 36, 46) Messpakete, insbesondere UDP-Messpakete (User Datagram Protocol), übertragen werden.

10

15. Verfahren nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass der eine Messrechner (28) als Sender und der andere Messrechner (36) als Empfänger fungiert.

15

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 14 und 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass von dem sendendem Messrechner (28) der zeitliche Abgang – Sendezeitstempel – des abgehenden Messpaketes erfasst und Daten zu dem Sendezeitstempel erzeugt werden und dass diese Daten zusammen mit dem Messpaket und gegebenenfalls weitere Daten, beispielsweise Sequenznummer oder dergleichen, als erste Daten an den empfangenden Messrechner (36) übermittelt werden.

20

17. Verfahren nach Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Daten zu dem Sendezeitstempel eine Information über die verwendete Zeitquelle, die Art der Synchronisation, die Genauigkeit der Synchronisation und die Genauigkeit des Zeitstempels betreffen.

25

18. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 17, **dadurch gekennzeichnet**, dass von dem empfangendem Messrechner (36) als zweite Daten der zeitliche Eingang – Empfangszeitstempel – des eingehenden Messpaketes und Daten zu dem Empfangszeitstempel erzeugt werden.

30

19. Verfahren nach Anspruch 18, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Daten zu dem Empfangszeitstempel eine Information über die verwendete Zeitquelle, die Art der Synchronisation, die Genauigkeit der Synchronisation die Genauigkeit des Zeitstempels betreffen.

5

20. Verfahren nach einem der Ansprüche 14 bis 19, **dadurch gekennzeichnet**, dass die ersten Daten und die zweiten Daten einer vorbestimmten Wertung zugeordnet werden.

10

21. Verfahren nach Anspruch 20, **dadurch gekennzeichnet**, dass bei Unterschreiten einer vorher festgelegten Güte der ersten und zweiten Daten diese Daten nicht weiter berücksichtigt werden.

15

22. Verfahren nach einem der Ansprüche 14 bis 21, **dadurch gekennzeichnet**, dass aus den ersten Daten und den zweiten Daten ein Messergebnis ermittelt wird.

20

23. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, **gekennzeichnet** durch ein Messverfahren gemäß der DE 100 46 240.5, der DE 101 28 927.8 und/oder der im Hinblick auf diese Anmeldung am gleichen Tag von der Anmelderin eingereichten Anmeldungen mit dem Titel "Verfahren zur Übertragung von Messdaten von einem Messrechner zu einem Steuerrechner eines Messsystems" und dem Titel "Verfahren zur Ausgabe von Zustandsdaten" verwendet.

25

24. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der vorangehenden Ansprüche.

1/1

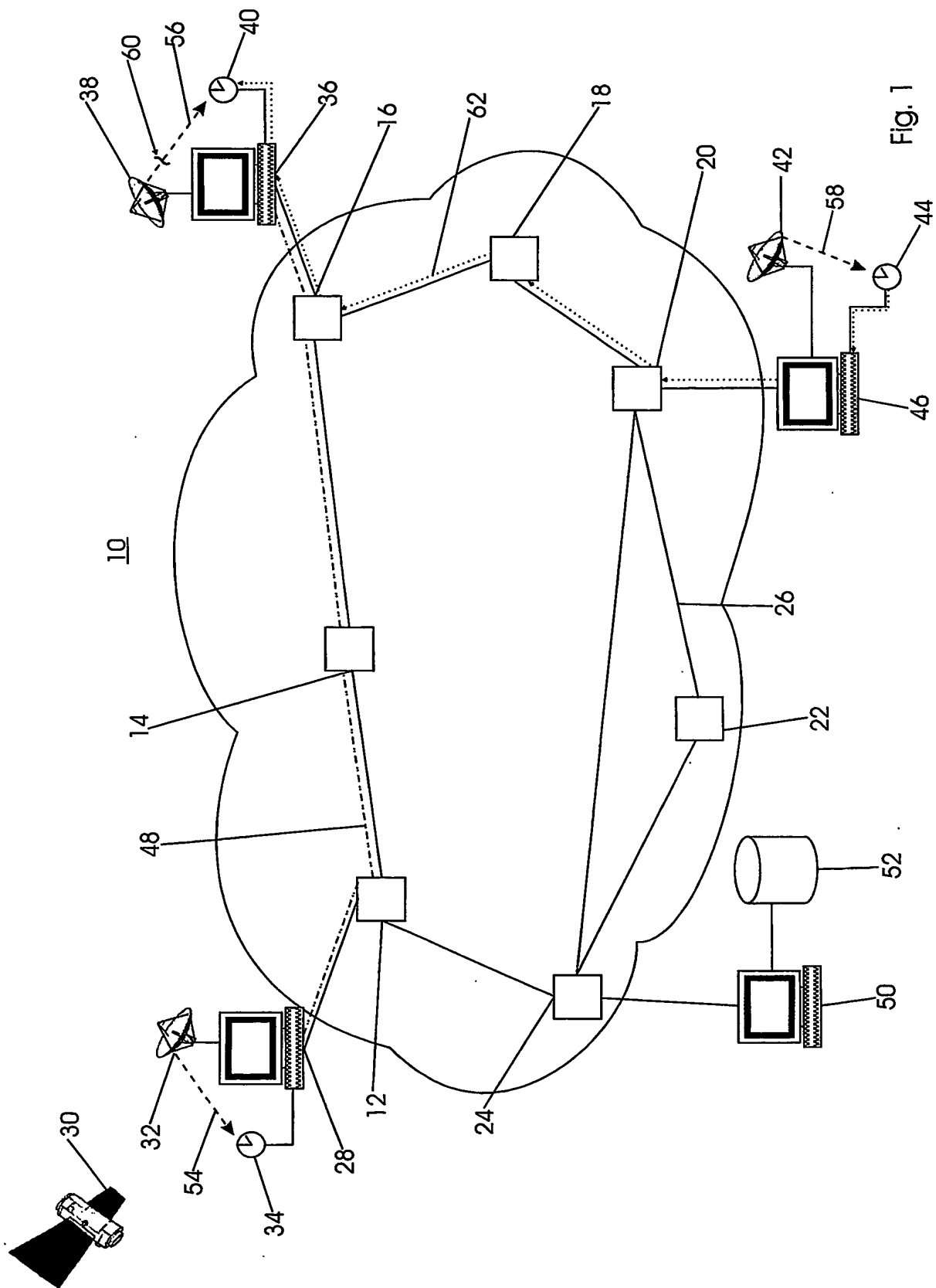


Fig. 1